N° 82-003-X au catalogue
ISSN 1209-1375

Rapports sur la santé

Élaboration d'un modèle de microsimulation de l'indice de masse corporelle représentatif de la population

par Deirdre Hennessy, Rochelle Garner, William M. Flanagan, Ron Wall et Claude Nadeau

Date de diffusion : le 21 juin 2017

Statistique Canada Statistics Canada

Canada

Comment obtenir d'autres renseignements

Pour toute demande de renseignements au sujet de ce produit ou sur l'ensemble des données et des services de Statistique Canada, visiter notre site Web à www.statcan.gc.ca.

Vous pouvez également communiquer avec nous par :

Courriel à STATCAN.infostats-infostats.STATCAN@canada.ca

Téléphone entre 8 h 30 et 16 h 30 du lundi au vendredi aux numéros sans frais suivants :

- Service de renseignements statistiques 1-800-263-1136
- Service national d'appareils de télécommunications pour les malentendants 1-800-363-7629
- Télécopieur 1-877-287-4369

Programme des services de dépôt

- Service de renseignements 1-800-635-7943
- Télécopieur 1-800-565-7757

Normes de service à la clientèle

Statistique Canada s'engage à fournir à ses clients des services rapides, fiables et courtois. À cet égard, notre organisme s'est doté de normes de service à la clientèle que les employés observent. Pour obtenir une copie de ces normes de service, veuillez communiquer avec Statistique Canada au numéro sans frais 1-800-263-1136. Les normes de service sont aussi publiées sur le site www.statcan.gc.ca sous « Contactez-nous » > « Normes de service à la clientèle ».

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population du Canada, les entreprises, les administrations et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques exactes et actuelles.

Signes conventionnels dans les tableaux

Les signes conventionnels suivants sont employés dans les publications de Statistique Canada :

.	indisponible pour toute période de référence
..	indisponible pour une période de référence précise
...	n'ayant pas lieu de figurer
0	zéro absolu ou valeur arrondie à zéro
0^s	valeur arrondie à 0 (zéro) là où il y a une distinction importante entre le zéro absolu et la valeur arrondie
^{p}	provisoire
^{r}	révisé
x	confidentiel en vertu des dispositions de la *Loi sur la statistique*
^{E}	à utiliser avec prudence
F	trop peu fiable pour être publié
*	valeur significativement différente de l'estimation pour la catégorie de référence ($p<0,05$)

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada

© Ministre de l'Industrie, 2017

Tous droits réservés. L'utilisation de la présente publication est assujettie aux modalités de l'entente de licence ouverte de Statistique Canada.

Une version HTML **est aussi disponible.**

This publication is also available in English.

Élaboration d'un modèle de microsimulation de l'indice de masse corporelle représentatif de la population

par Deirdre Hennessy, Rochelle Garner, William M. Flanagan, Ron Wall et Claude Nadeau

Résumé

Contexte : La prévalence croissante de l'embonpoint et de l'obésité a rendu nécessaire l'élaboration de modèles de projection de l'indice de masse corporelle (IMC) comme le modèle de santé de la population (POHEM). La présente étude décrit le modèle POHEM-IMC, un outil de microsimulation qui peut servir à appuyer l'élaboration de politiques fondées sur des données probantes en matière de santé visant la réduction de l'obésité.

Méthodes : L'Enquête nationale sur la santé de la population, l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) et l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) ont été utilisées pour élaborer et valider un modèle prédictif de l'IMC chez les adultes et des antécédents en matière d'IMC pendant l'enfance. Des modèles ont été intégrés au POHEM et ont été utilisés pour faire évoluer l'IMC au fil du temps dans une population canadienne simulée pleinement dynamique.

Résultats : Les projections de l'IMC autodéclaré et mesuré chez les adultes et des antécédents en matière d'IMC pendant l'enfance obtenues grâce au POHEM-IMC concordaient bien avec les estimations de validation de l'ESCC et de l'ECMS. Chez les hommes et les femmes, l'IMC moyen devrait augmenter de plus d'une unité d'IMC de 2001 à 2030. Les projections de l'IMC autodéclaré révèlent que 59 % de la population adulte aura un problème d'embonpoint ou d'obésité d'ici 2030; les projections de l'IMC mesuré révèlent que le pourcentage s'élèvera à 66 %.

Interprétation : À l'aide de modèles de prédiction élaborés empiriquement de l'IMC chez les adultes et des antécédents en matière d'IMC pendant l'enfance intégrés au cadre du POHEM, on peut produire des projections validées de l'IMC pour la population canadienne. Des projections des tendances de l'IMC pourraient avoir d'importantes applications dans le suivi de la prévalence de maladies connexes, et dans la planification et la comparaison des stratégies d'intervention.

Mots clés : Projections sur la santé, obésité, embonpoint, activité physique, POHEM, surveillance de la population

Dans les pays développés et en développement, l'obésité a augmenté, la prévalence mondiale ayant plus que doublé depuis 1980 pour s'établir à 13 %[1-5]. Ce changement radical est communément appelé l'« épidémie d'obésité ».

L'obésité est un facteur de risque pour de nombreuses maladies, dont le diabète, l'ostéoarthrite, les maladies cardiovasculaires, la maladie rénale et certains cancers. La prévalence de ces maladies[6-9], qui sont associées à une morbidité considérable, au risque accru de mortalité et à des coûts économiques plus importants pour les personnes et la société, augmente[10] à mesure que la prévalence de l'obésité augmente.

Par conséquent, la surveillance de l'obésité est devenue une priorité internationale[11]. L'Organisation mondiale de la Santé a établi comme objectif mondial de mettre un terme à la prévalence croissante de l'obésité[11]. Dans le but de comprendre les répercussions de l'obésité sur la santé de la population, certains pays ont construit des modèles afin de projeter les tendances de l'indice de masse corporelle (IMC) et de l'obésité au fil du temps[12,13].

La modélisation de microsimulation est particulièrement utile pour étudier les tendances de l'IMC, car elle peut simultanément tenir compte de la dynamique de la population, comme le vieillissement, la migration et la mortalité. De plus, le cadre longitudinal de tels modèles permet à l'IMC d'évoluer tout au long de la vie des personnes simulées, pour interagir avec des facteurs comme l'activité physique, et d'influer sur le risque de maladies multiples[14]. Bien que la modélisation de microsimulation soit généralement utilisée pour évaluer des programmes comme les politiques en matière d'imposition et de pensions[15], on y a de plus en plus recours dans le secteur de la santé[16-19]. Elle offre une méthode permettant de comparer les conséquences des changements des politiques de santé avant leur mise en œuvre.

Le modèle de santé de la population (POHEM), élaboré à Statistique Canada[14,20,21], a servi à quantifier le fardeau que représente l'ostéoarthrite pour la santé et l'économie[22-24], à évaluer les tendances des facteurs de risque pour les maladies cardiovasculaires[25] et à projeter les tendances liées à l'IMC et à l'activité physique[21,26]. Le POHEM-IMC est issu d'une collaboration entre l'Agence de santé publique du Canada et Statistique Canada.

Le présent article décrit l'élaboration de modèles de prédiction de l'IMC chez les adultes et des antécédents en matière d'IMC pendant l'enfance, et compare les estimations de l'IMC projetées aux estimations issues de données d'enquête représentatives de la population canadienne pour en établir la validité. Des projections à long terme de l'IMC chez les adultes sont présentées pour démontrer l'utilité du POHEM-IMC dans le suivi des tendances futures liées aux facteurs de risque et aux maladies afin d'appuyer l'élaboration de politiques fondées sur des données probantes.

Auteurs : Deirdre Hennessy (deirdre.hennessy@canada.ca), Rochelle Garner, William M. Flanagan et Claude Nadeau travaillent au sein de la Division de l'analyse de la santé de Statistique Canada, à Ottawa, en Ontario. Ron Wall travaille au sein de la Division de l'intégration scientifique de l'Agence de la santé publique du Canada, à Ottawa, en Ontario.

Modèle de santé de la population : aperçu

Le POHEM est un outil de microsimulation en temps continu de type Monte Carlo dans lequel l'unité d'analyse de base est la personne. Le POHEM intègre des distributions de données et des équations provenant d'enquêtes transversales et longitudinales représentatives de la population à l'échelle nationale ainsi que de statistiques de l'état civil et de registres de maladies.

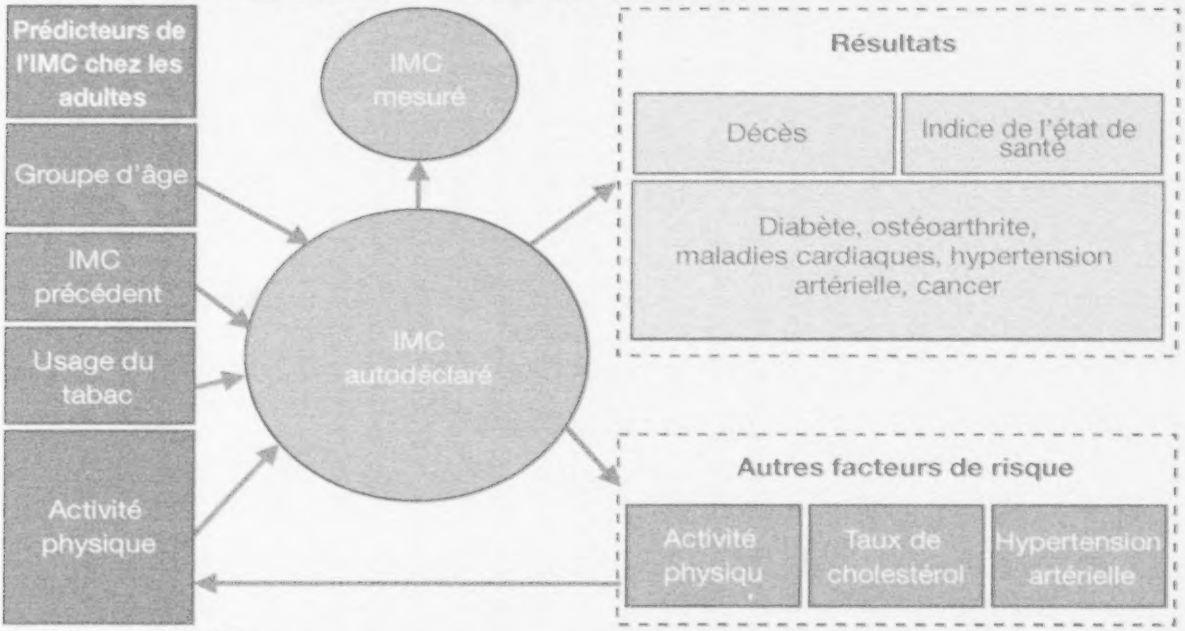
La production de projections à partir du POHEM comporte plusieurs étapes[26]. La population initiale, composée d'adultes de 20 ans et plus, provient de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) de 2001, laquelle est une enquête transversale. Les valeurs initiales de l'IMC et d'autres caractéristiques sont mises à jour périodiquement, d'après des algorithmes prédictifs et des matrices de transition. À mesure que les personnes vieillissent et que leurs facteurs de risque sont mis à jour, leur risque de maladie change. Parallèlement, à mesure que les personnes vieillissent et meurent, les caractéristiques démographiques de la population changent, en fonction de données démographiques observées et projetées[27]. Les estimations modélisées de la prévalence de facteurs de risque ou de maladies sont validées[28] et, au besoin, étalonnées. Enfin, des projections de base et des projections contrefactuelles de la prévalence de facteurs de risque ou de maladies sont produites.

Modèle de santé de la population : modules de l'IMC

Dans le modèle des adultes, les valeurs initiales de l'IMC proviennent de l'ESCC de 2001. Les valeurs subséquentes sont déterminées par des modèles de prédiction de l'IMC multivariés conçus au moyen de l'Enquête nationale sur la santé de la population (ENSP), qui est une enquête longitudinale[29]. L'IMC autodéclaré et l'IMC mesuré peuvent tous deux être projetés. L'IMC mesuré est calculé à partir de l'IMC autodéclaré au moyen d'un algorithme de conversion. Dans le POHEM-IMC, l'IMC autodéclaré est un prédicteur de multiples maladies, de l'état de santé et de la mortalité. De plus, il intervient dans les estimations d'autres facteurs de risque, y compris l'activité physique, le taux de cholestérol et l'hypertension artérielle. La figure 1 présente les prédicteurs dans le modèle de l'IMC chez les adultes, de même que les résultats et d'autres facteurs de risque pour lesquels l'IMC sert de prédicteur. Les modules de l'IMC et de l'activité physique interagissent entre eux : l'activité physique est utilisée comme prédicteur de l'IMC qui, à son tour, sert à prédire l'activité physique. Le modèle de l'activité physique du POHEM a été décrit dans un autre document[30].

Le POHEM-IMC ne permet pas de réaliser une simulation concernant des enfants. Cependant, pour les acteurs intégrés dans la simulation à l'âge de 20 ans, des « antécédents en matière

Figure 1
Prédicteurs de l'indice de masse corporelle (IMC) chez les adultes, résultats et autres facteurs de risque pour lesquels l'IMC est un prédicteur dans le cadre du modèle de santé de la population (POHEM)



Source : Modèle de santé de la population.

d'IMC pendant l'enfance » montrant l'IMC qu'ils auraient eu de 6 à 19 ans sont créés. Le module des antécédents en matière d'IMC est indépendant; il permet la déclaration statique des antécédents en matière d'IMC pendant l'enfance et l'adolescence chez les personnes de 20 ans intégrées dans le modèle au cours d'une année donnée, mais il n'interagit pas avec les autres parties du modèle. Le modèle des antécédents en matière d'IMC pendant l'enfance a été élaboré et validé à l'aide de l'ESCC de 2004, qui a permis de recueillir les mesures de la taille et du poids des enfants de 2 ans et plus.

Ce que l'on sait déjà sur le sujet

- La prévalence mondiale de l'obésité a plus que doublé depuis 1980.
- L'obésité est un facteur de risque important pour de nombreuses maladies, dont le diabète, l'ostéoarthrite, les maladies cardiovasculaires, la maladie rénale et certains cancers.
- Par conséquent, la surveillance de l'obésité est devenue une priorité internationale.
- Dans le but de comprendre les incidences sur la santé de la population, certains pays ont construit des modèles afin de projeter les tendances de l'indice de masse corporelle (IMC) et de l'obésité au fil du temps.

Ce qu'apporte l'étude

- Le modèle de santé de la population (POHEM) est un outil de microsimulation élaboré à Statistique Canada; le POHEM-IMC projette les tendances de l'indice de masse corporelle.
- Les projections de l'IMC autodéclaré et mesuré du POHEM-IMC concordent bien avec les estimations issues d'enquêtes, surtout en ce qui a trait au pourcentage d'obésité.
- D'ici 2030, environ 59 % des adultes canadiens auront un problème d'embonpoint ou d'obésité selon les projections de l'IMC autodéclaré du POHEM; selon les projections de l'IMC mesuré du POHEM, 66 % des adultes auront un problème d'embonpoint ou d'obésité.

Élaboration d'un modèle prédictif de l'IMC chez les adultes

Source des données

La composante longitudinale de l'ENSP a permis de suivre un groupe de participants à l'enquête sélectionnés au hasard en 1994-1995 de façon à ce qu'ils soient représentatifs de la population canadienne à domicile vivant dans les 10 provinces. Les résidents des réserves indiennes et des terres de la Couronne, des établissements de soins de santé et de certaines régions éloignées, ainsi que les membres à temps plein des Forces canadiennes ont été exclus. Les 17 276 participants à l'enquête de l'échantillon initial ont été interviewés de nouveau tous les deux ans. Le plan de sondage, l'échantillon et les méthodes d'interview de l'ENSP sont décrits dans d'autres documents[29-31].

Les données provenant des sept premiers cycles de l'ENSP (de 1994-1995 à 2006-2007) ont servi à déterminer indirectement le modèle prédictif de variation de l'IMC autodéclaré chez les adultes. Les données longitudinales ont révélé de quelle manière les caractéristiques sociodémographiques et les comportements liés à la santé ont contribué à l'évolution de l'IMC autodéclaré au fil du temps.

Le poids, et par conséquent l'IMC, a tendance à être sous-déclaré dans les enquêtes[32]. Pour remédier à cette lacune, un algorithme a été mis au point pour convertir l'IMC autodéclaré en IMC mesuré à l'aide des données issues de l'ESCC de 2004, qui a permis de recueillir des données sur la taille et le poids autodéclarés et mesurés auprès d'un sous-échantillon d'environ 5 000 personnes.

Sources des données de validation

La validation reposait sur des comparaisons des projections du POHEM-IMC avec des estimations issues de quatre cycles de l'ESCC allant de 2001 à 2014. L'ESCC[33,34], une enquête transversale représentative de la population à l'échelle nationale, a permis de recueillir des données autodéclarées sur l'IMC, d'autres facteurs de risque liés au mode de vie et des maladies chroniques à intervalles réguliers depuis 2001. Elle vise la population à domicile de 12 ans et plus de l'ensemble des provinces et des territoires ne vivant pas en établissement, à l'exception des résidents des réserves indiennes et des terres de la Couronne, des établissements et de certaines régions éloignées, ainsi que les membres à temps plein des Forces canadiennes.

Les projections de l'IMC mesuré ont été validées en fonction d'estimations issues de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS)[35-39], une enquête qui fournit des mesures directes de la santé. De mars 2007 à décembre 2013, trois cycles de l'ECMS ont été réalisés à 49 sites d'un bout à l'autre du Canada. L'enquête fournit des estimations représentatives de la population à l'échelle nationale à partir d'un échantillon de Canadiens âgés de 6 à 79 ans vivant en ménage privé. L'ECMS exclut les résidents des réserves indiennes ou des terres de la Couronne, des établissements et de certaines régions éloignées, ainsi que les membres à temps plein des Forces canadiennes.

Techniques de modélisation et sélection du modèle

Modèle prédictif de l'IMC : Des modèles autorégressifs selon le sexe ont été construits pour prédire l'IMC chez les adultes. Les valeurs précédentes de l'IMC étaient les principales variables explicatives; les participants à l'enquête pouvaient avoir jusqu'à quatre mesures précédentes de l'IMC issues de données longitudinales (ENSP). Selon l'ordre autorégressif du modèle (de 1 à 4), un ensemble différent de coefficients a été utilisé pour les covariables. À titre

d'exemple, le tableau A en annexe présente les coefficients utilisés dans le modèle de premier ordre. Les autres covariables étaient l'âge, l'activité physique (activité physique durant les loisirs; déplacement à pied ou à vélo aux fins de transport et pour faire les courses; activité physique quotidienne) et l'usage du tabac. En plus de l'usage du tabac et de l'activité physique, des variables saisissant la tendance longitudinale (à la hausse ou à la baisse) de la personne à l'égard de ces comportements ont été incluses pour témoigner de façon plus précise de l'exposition à ces risques au fil du temps. À l'origine, le modèle prédictif de l'IMC comprenait le revenu, le niveau de scolarité et la géographie comme covariables possibles, mais celles-ci ne conféraient pas de valeur prédictive supplémentaire; elles ont donc été éliminées au cours de la sélection du modèle.

Modèle de conversion : L'IMC autodéclaré a été converti en IMC mesuré à l'aide de l'équation et des coefficients présentés dans le tableau B en annexe. Dans cet algorithme, l'IMC mesuré est modélisé en fonction de l'IMC autodéclaré, du niveau de scolarité (aucun diplôme d'études secondaires, diplôme d'études secondaires, études postsecondaires partielles, diplôme d'études postsecondaires) et du groupe d'âge.

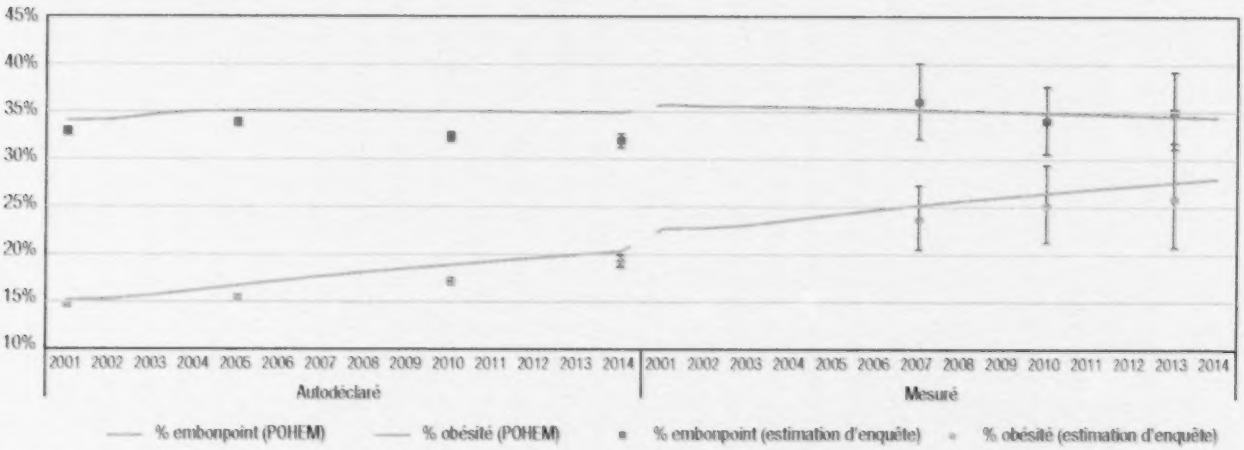
Ajustement pour tenir compte de la durée civile : Lorsque de nouvelles personnes sont intégrées dans la simulation à l'âge de 20 ans, elles « héritent » de la valeur initiale de l'IMC d'une personne faisant partie de la population de départ (ESCC de 2001). Étant donné qu'il peut s'avérer irréaliste que des personnes de 20 ans dans les années à venir présentent la même répartition de l'IMC que les personnes de 20 ans en 2001, la possibilité de modifier l'IMC au fil du temps est programmée. Une analyse plus poussée de l'ESCC de 2001 à 2009 a été entreprise dans le but de construire un algorithme permettant d'ajuster l'IMC afin de tenir compte de la durée civile séparément pour les hommes et pour les femmes. Cette fonctionnalité peut être activée ou désactivée dans le POHEM-IMC, au besoin. Les résultats actuels ont été générés sans ajustement pour tenir compte de la durée civile.

Élaboration d'un modèle prédictif des antécédents en matière d'IMC pendant l'enfance

Le modèle prédictif des antécédents en matière d'IMC pendant l'enfance repose sur des données mesurées issues de l'ESCC de 2004[33, 34]. La même source de données a été utilisée pour valider les données de sortie du POHEM-IMC.

Pour prédire les antécédents en matière d'IMC pendant l'enfance, on a eu recours à des techniques de modélisation de la courbe de croissance selon le sexe. Le modèle de répartition de l'IMC vise les enfants et les jeunes de 6 à 19 ans et ne comporte aucune autre covariable, à l'exception de quatre fonctions splines cubiques de l'âge (les détails liés à ce modèle sont disponibles sur demande). Bien que le modèle ait été construit à l'aide de données transversales, on a recherché une série de valeurs plausibles de l'IMC selon l'âge qui présentait une structure de corrélation semblable à celle observée dans les données longitudinales. Une analyse plus poussée menée à l'aide de l'ENSP a révélé que la structure d'autocorrélation de l'IMC pendant l'en-

Figure 2
Prévalence de l'embonpoint et de l'obésité autodéclarés et mesurés selon le modèle de santé de la population (POHEM) et des données d'enquête, population de 20 ans et plus, Canada, 2001 à 2014



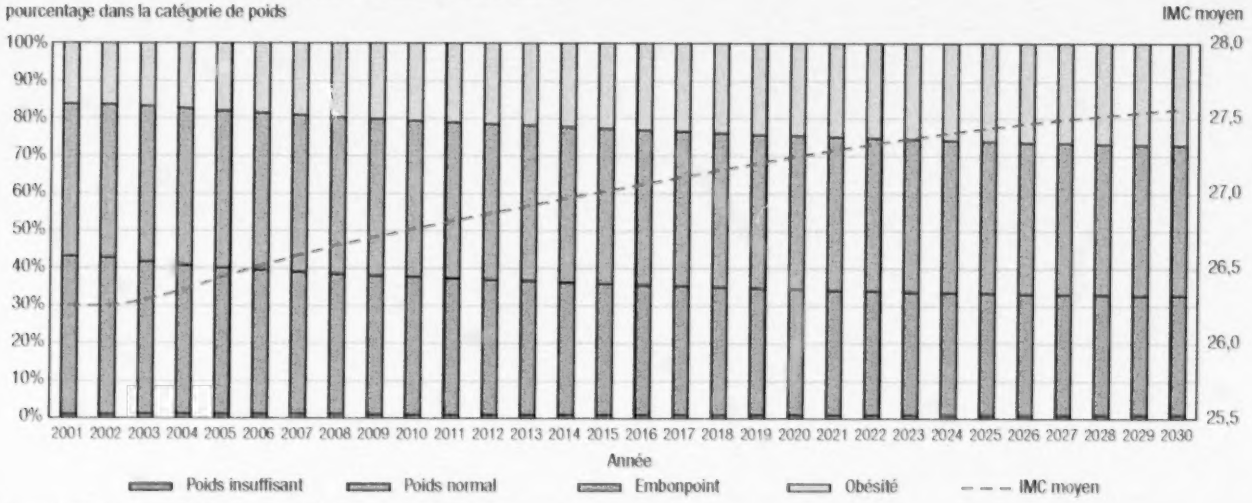
I = Intervalle de confiance de 95 %
Sources : Projections issues du POHEM pour 2001 à 2014; Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (autodéclaré); Enquête canadienne sur les mesures de la santé (mesuré).

fance au fil du temps ressemblait à celle d'un modèle autorégressif de moyennes mobiles (ARMM), ce qui signifiait qu'elle présentait une décroissance exponentielle lente après une baisse initiale plus marquée. À l'aide du modèle ARMM, des quantiles corrélés de l'IMC chez les enfants ont été créés.

Intégration des modèles prédictifs à l'environnement du POHEM

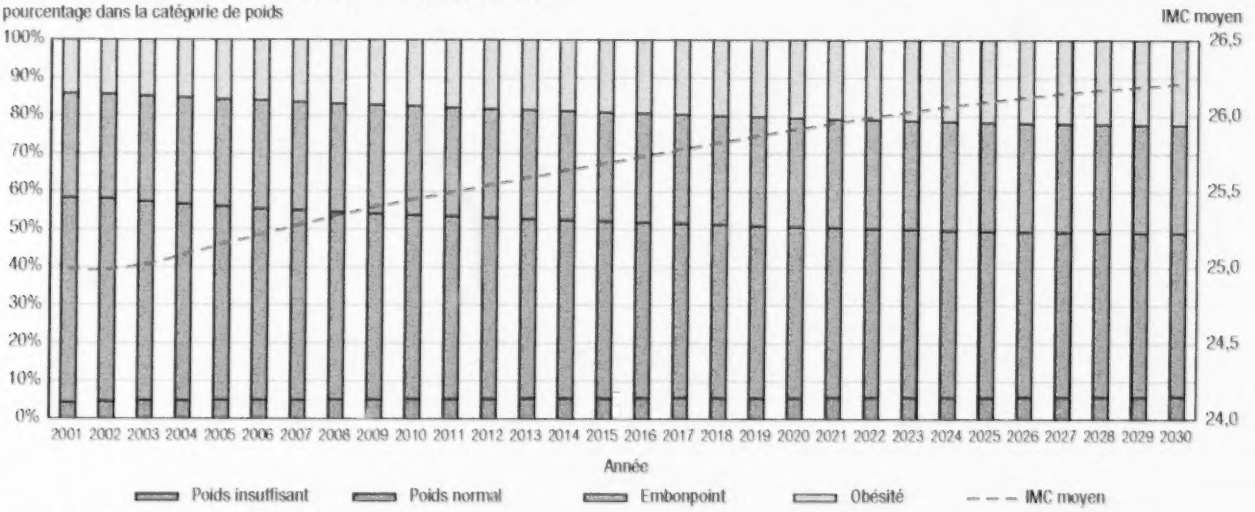
Les modèles de prédiction de l'IMC ont été intégrés au cadre du POHEM par la mise en œuvre des algorithmes en code Modgen[40]. Les blocs de code régissant la mise à jour de la dynamique de la population, des facteurs de risque et de la situation de maladie sont écrits dans des modules distincts et sont compilés à l'aide d'une solution Microsoft Visual Studio qui génère un fichier exécutable. L'exécutable du POHEM se sert des

Figure 3
Projections de la catégorie d'indice de masse corporelle (IMC) et de l'IMC moyen issues du modèle de santé de la population (POHEM), hommes de 20 ans et plus, Canada, 2001 à 2030



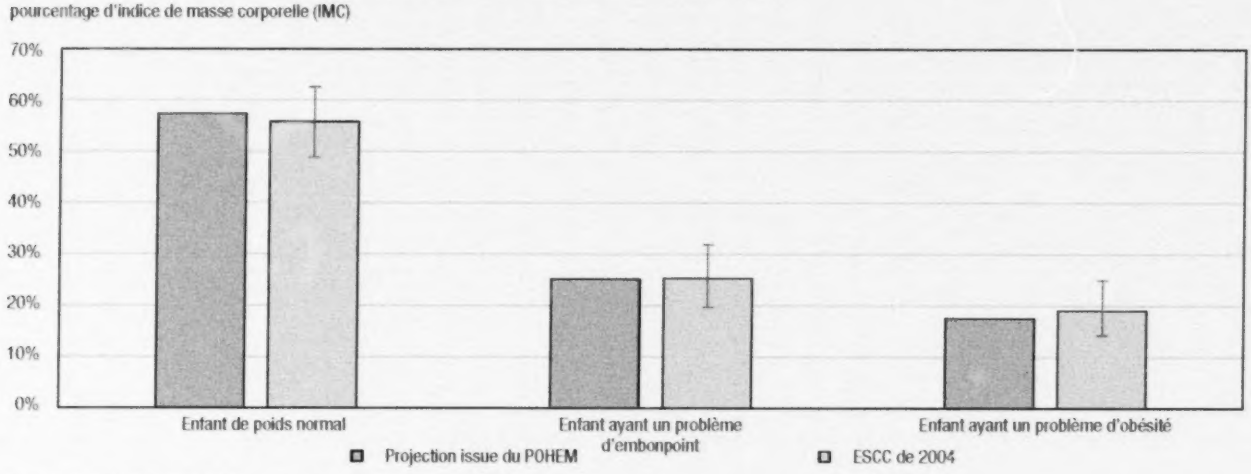
Source : Projections issues du POHEM pour 2001 à 2030.

Figure 4
Projections de la catégorie d'indice de masse corporelle (IMC) et de l'IMC moyen issues du modèle de santé de la population (POHEM), femmes de 20 ans et plus, Canada, 2001 à 2030



Source : Projections issues du POHEM pour 2001 à 2030.

Figure 5
Répartition projetée des catégories d'indice de masse corporelle (IMC) pendant l'enfance pour les personnes de 20 ans en 2015, issue du modèle de santé de la population (POHEM), comparée à la répartition des catégories d'IMC des enfants de 9 ans en 2004, issue de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC)



I = Intervalle de confiance de 95 %
Sources : Projections issues du POHEM pour 2015; Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes de 2004.

paramètres, y compris les chiffres de population, les taux de mortalité et les coefficients de l'équation, pour exécuter la simulation et produire les données de sortie.

Les données de sortie prennent la forme d'une série de tableaux préprogrammés présentant l'IMC projeté moyen, la répartition projetée des catégories d'IMC (poids insuffisant, poids normal, embonpoint et obésité) et la répartition des catégories de poids chez les adultes compte tenu de la catégorie de poids chez les enfants. Les tableaux peuvent être personnalisés pour chacun des résultats. En raison du format modulaire, on peut intégrer au programme existant des blocs de code nouvellement créés. Une fois les modules mis en œuvre et validés, on peut ajouter de nouvelles fonctionnalités. Par exemple, à l'aide du POHEM, on peut mener des analyses contrefactuelles en changeant les données d'entrée du modèle et en projetant ensuite de nouvelles répartitions pour le résultat d'intérêt.

Un ensemble de paramètres d'intervention permet d'apporter des modifications (réductions ou augmentations) à l'IMC de la population. Ces interventions peuvent être ciblées par diverses caractéristiques de la population, y compris l'année, le groupe d'âge, le sexe, la catégorie d'IMC et le risque de maladie. Grâce à cette fonctionnalité, il est possible de mener des analyses comparatives de différentes interventions.

Cadre de validation

Kopec et coll. ont formulé des recommandations quant à la validation des modèles de simulation de maladies[28], dont les plus pertinentes pour la présente étude se rapportent à ce qui suit : la qualité des paramètres, la mise en œuvre informatique du modèle et la démonstration du rendement du modèle. Les paramètres du modèle de prédiction de l'IMC proviennent d'analyses statistiques d'enquêtes menées à l'échelle de la population. Ces sources de données (ENSP, ESCC et ECMS) et les méthodes utilisées pour les analyser sont bien documentées[29-31,33-39]. Le POHEM-IMC a été mis en œuvre en code Modgen[40], un langage informatique mis au point pour la microsimulation qui a été utilisé afin de programmer plusieurs autres modèles à Statistique Canada et à l'échelle internationale. La démonstration du rendement du modèle a été faite en comparant les données de sortie projetées aux données d'entrée (utilisées pour élaborer les modèles) et à des données externes (non utilisées pour élaborer les modèles).

Analyse statistique

Les projections obtenues au moyen du POHEM-IMC et les estimations de validation tirées de l'ESCC (divers cycles) et de l'ECMS (cycles 1 à 3) ont été normalisées selon l'âge en fonction de la population des adultes (20 ans et plus) de 2001 dans la figure 2, afin de permettre les comparaisons au fil du temps. Les données des figures 3, 4 et 5 ne sont pas normalisées. Les seuils de l'IMC de l'Organisation mondiale de la Santé ont été utilisés pour classer les adultes et les enfants dans les catégories d'IMC[41,42]. Les estimations de variance qui tiennent compte des effets de plan ont été calculées à l'aide de la technique bootstrap applicable aux estimations d'enquête. Les analyses ont été effectuées au moyen de la version 9.3 de SAS et de la version 11 de Stata.

Résultats

IMC chez les adultes

Les prédicteurs (et les coefficients) utilisés pour modéliser l'IMC chez les adultes sont décrits à la figure 1 et au tableau A en annexe. Suivant l'intégration des modèles au cadre du POHEM, les projections de l'IMC autodéclaré et mesuré (figure 2) ont été validées en comparant les données de sortie de la simulation aux estimations issues de l'ESCC et de l'ECMS, respectivement. Les projections et les estimations concordent bien entre elles, surtout en ce qui concerne le pourcentage d'obésité.

Les projections de l'IMC autodéclaré moyen issues du POHEM-IMC et la répartition des catégories d'IMC autodéclaré de 2001 à 2030 sont présentées à la figure 3 pour les hommes et à la figure 4 pour les femmes. Chez les deux sexes, l'IMC autodéclaré moyen devrait augmenter de plus d'une unité d'IMC de 2001 à 2030. Le pourcentage d'embonpoint devrait demeurer relativement stable, tandis que le pourcentage d'obésité devrait augmenter chez les deux sexes. Selon les projections de l'IMC *autodéclaré* issues du POHEM-IMC, environ 59 % de la population adulte aura un problème d'embonpoint ou d'obésité d'ici 2030. Les hommes ont un IMC autodéclaré moyen initial plus élevé que les femmes, et un pourcentage plus élevé d'entre eux devrait avoir un problème d'embonpoint ou d'obésité. De plus, l'augmentation de l'obésité chez les hommes devrait être plus marquée que celle observée chez les femmes. Les tendances observées dans les projections de l'IMC *mesuré* sont similaires, mais la prévalence projetée totale de l'embonpoint ou de l'obésité est plus élevée, atteignant 66 % de la population adulte d'ici 2030 (données non présentées).

Antécédents en matière d'IMC pendant l'enfance

Les antécédents modélisés en matière d'IMC pendant l'enfance ont été validés en comparant les données de sortie du POHEM-IMC aux données issues de l'ESCC de 2004. Les antécédents en matière d'IMC pendant l'enfance projetés des personnes de 20 ans en 2015 (qui avaient 9 ans en 2004) ont été comparés à ceux des enfants de 9 ans visés par l'ESCC en 2004. La figure 5 fait état d'une étroite correspondance entre les projections issues du POHEM-IMC et les estimations de l'ESCC du pourcentage des enfants de 9 ans qui avaient un poids normal ou un problème d'embonpoint ou d'obésité.

Discussion

D'après des modèles de prédiction de l'IMC élaborés empiriquement, d'ici 2030, environ 59 % des adultes canadiens auront un problème d'embonpoint ou d'obésité selon les projections du POHEM de l'IMC autodéclaré (66 % selon les projections du POHEM de l'IMC mesuré). Ces augmentations projetées sont comparables à celles issues du modèle de microsimulation Foresight, qui a été utilisé pour le Royaume-Uni (R.-U.), les États-Unis et d'autres pays[10,12,43], et aux projections statistiques (sans microsimulation) faites pour l'Australie[13]. Les chercheurs du modèle Foresight ont également observé une plus grande augmentation de la prévalence de l'obésité chez les hommes que chez les femmes pour la Russie et la Pologne[44,45]. Cependant, l'augmentation de la prévalence de l'embonpoint et de l'obésité projetée par le POHEM-IMC n'est pas aussi marquée que celle observée dans les modèles Foresight, qui prédisent des niveaux aussi élevés que 72 % pour la population du R.-U. d'ici 2035[9] et que 80 % pour la population irlandaise d'ici 2030[46]. Des résultats similaires ont été publiés par Walls et coll.[13] pour l'Australie, où 72 % de la population adulte devrait avoir un problème d'embonpoint ou d'obésité d'ici 2025.

Des analyses de l'Organisation de coopération et de développement économiques ont également révélé une augmentation plus lente de l'embonpoint et de l'obésité au Canada[47]. Cependant, il importe de tenir compte de la façon dont le POHEM-IMC diffère des autres modèles. Le POHEM-IMC a été construit à l'aide de données longitudinales sur l'IMC autodéclaré, tandis que le modèle Foresight a, à l'origine, été élaboré au moyen de données transversales sur l'IMC mesuré issues de l'Enquête sur la santé du R.-U. visant l'Angleterre[10,12,43]. Les données autodéclarées sous-estiment systématiquement l'IMC mesuré[32]. Bien que les données sur l'IMC mesuré représentent les données d'entrée idéales pour le POHEM, la collecte de mesures directes est coûteuse. Pour remédier à cette lacune, le POHEM-IMC comporte un algorithme de conversion qui permet de faire des projections de l'IMC autodéclaré et mesuré.

Les modèles sont aussi différents en ce qui concerne l'utilisation qu'ils font des covariables : le POHEM-IMC comprend l'âge, le sexe, l'usage du tabac et l'activité physique comme prédicteurs, tandis que le modèle Foresight a produit des paramètres transversaux sur l'IMC pour le R.-U. en fonction de l'âge, du sexe, de l'origine ethnique, de la classe sociale et de la région géographique[12]. En outre, l'IMC et l'activité physique interagissent entre eux dans le POHEM-IMC. Bien que le modèle Foresight projette l'IMC selon des covariables, il ne s'agit pas d'un modèle de prédiction multivarié comparable au POHEM-IMC. Le POHEM-IMC prédit l'IMC à l'aide des covariables. La valeur simulée de l'IMC est ensuite utilisée comme prédicteur d'autres facteurs de risque et de maladies (figure 1). Cette méthode de modélisation permet d'obtenir une grande hétérogénéité des profils de risque chez les personnes[48], de sorte que les trajectoires de vie des personnes varient de manière à représenter vraisemblablement les données observées. De plus, la nature multivariée du POHEM-IMC offre de nombreux points d'intervention. Par exemple, des interventions simultanées qui visent à la fois l'IMC et l'activité physique pourraient être mises en œuvre, de même que des interventions qui visent les facteurs de risque ou les maladies en particulier.

Malgré les différences qui existent entre eux, les modèles ont des applications similaires. En matière de santé de la

population, une évaluation des politiques et des programmes est généralement entreprise après leur mise en œuvre. Les projections par microsimulation offrent une manière de mesurer le fardeau futur que représente un facteur de risque ou une maladie, en tenant compte du vieillissement et d'autres changements dans la dynamique de la population. Une telle analyse peut permettre de déterminer si la prévalence d'un facteur de risque ou d'une maladie augmente, diminue ou se stabilise. En outre, il importe de déterminer l'ampleur du problème (dans le cas présent, la prévalence de l'embonpoint et de l'obésité).

L'information sur l'incidence et la prévalence futures des facteurs de risque et des maladies selon l'âge, le sexe et les caractéristiques sociodémographiques est utile dans le déploiement des ressources en santé publique et en prévention. L'utilisation du POHEM-IMC ou de modèles similaires pour projeter les effets possibles d'une intervention sur la prévalence de l'obésité et des maladies qui sont liées à l'obésité peut permettre de démontrer que les avantages sont nettement supérieurs aux coûts.

Limites

Le POHEM-IMC doit être considéré dans le contexte de certaines limites.

D'une part, la fiabilité des estimations et des projections produites au moyen du POHEM-IMC dépend de la fiabilité des données d'entrée. Les données d'enquête pourraient être biaisées en raison d'une erreur d'échantillonnage, d'une couverture incomplète, d'une erreur attribuable à la non-réponse ou d'une erreur de mesure. Malgré les efforts que déploie Statistique Canada pour déceler et minimiser de tels biais, ceux-ci peuvent tout de même exister.

D'autre part, en tant que mesure de l'embonpoint et de l'obésité, l'IMC constitue une limite en lui-même. L'IMC ne tient pas compte des différences dans la composition corporelle. Les seuils standards utilisés pour définir l'embonpoint et l'obésité peuvent ne pas convenir à tous les groupes ethniques[49]. De plus, les modèles prédictifs de l'IMC du POHEM ne tiennent pas compte de certains déterminants causals importants de la prise de poids, comme la qualité de l'alimentation et le potentiel piétonnier d'un quartier.

Mot de la fin

Grâce au POHEM-IMC, il est possible de produire des projections validées de l'embonpoint et de l'obésité dans la population canadienne. De telles projections pourraient avoir des applications importantes sur le plan de surveillance de la prévalence des facteurs de risque et des maladies, ainsi que de la planification et de l'analyse comparative des stratégies d'intervention.

Remerciements

La Division de l'intégration scientifique de l'Agence de la santé publique du Canada a fourni un soutien financier pour l'élaboration du module sur l'indice de masse corporelle du modèle de santé de la population (POHEM). Les auteurs remercient tous les chercheurs qui ont utilisé le POHEM dans leurs travaux et qui ont contribué à peaufiner le modèle au fil du temps.

Références

1. Organisation mondiale de la santé, *Obésité et surpoids*, disponible à l'adresse http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/fr/
2. M.M. Finucane, G.A. Stevens, M.J. Cowan *et al.*, « National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: Systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants », *Lancet*, 377, 2011, p. 557-567.
3. NCD Risk Factor Collaboration, Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: A pooled analysis of 1698 population-based measurement studies with 19.2 million participants, *Lancet*, 387, 2014, p. 1377-96.
4. M. Ng, T. Fleming, M. Robinson *et al.*, « Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 », *Lancet*, 384, 2014, p. 766-781.
5. G.A. Stevens, G.M. Singh, Y. Lu *et al.*, « National, regional, and global trends in adult overweight and obesity prevalences », *Population Health Metrics*, 10, 2012, p. 22.
6. The Emerging Risk Factors Collaboration, Separate and combined associations of body-mass index and abdominal adiposity with cardiovascular disease: Collaborative analysis of 58 prospective studies, *Lancet*, 377, 2011, p. 1085-1095.
7. The Global Burden of Metabolic Risk Factors for Chronic Diseases Collaboration (BMI Mediated Effects), « Metabolic mediators of the effects of body-mass index, overweight, and obesity on coronary heart disease and stroke: A pooled analysis of 97 prospective cohorts with 1.8 million participants », *Lancet*, 383, 2014, p. 970-983.
8. A.G. Renehan, M. Tyson, M. Egger *et al.*, « Body-mass index and incidence of cancer: A systematic review and meta-analysis of prospective observational studies », *Lancet*, 371, 2008, p. 569-578.
9. A. Bhimjiyani, A. Knuchel-Takano, A. Jaccard *et al.*, « Tipping the scales: Why preventing obesity makes economic sense », 2015, disponible à l'adresse http://www.cancerresearchuk.org/sites/default/files/tipping_the_scales_-_cruk_full_report11.pdf
10. Y.C. Wang, K. McPherson, T. Marsh *et al.*, « Health and economic burden of the projected obesity trends in the USA and the UK », *Lancet*, 378, 2011, p. 815-825.
11. Organisation mondiale de la Santé, *Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2013–2020*, Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2013.
12. Government of the United Kingdom, *Foresight Tackling Obesities: Future Choices*, Government Office for Science, 2007, disponible à l'adresse https://www.gov.uk/government/collections/tackling-obesities-future-choices, document consulté le 30 juillet 2016.
13. H.L. Walls, D.J. Magliano, C.E. Stevenson *et al.*, « Projected progression of the prevalence of obesity in Australia », *Obesity*, 20, 2012, p. 872-878.
14. M.C. Wolfson, « POHEM—A framework for understanding and modelling the health of human populations », *World Health Statistics Quarterly*, 47(3-4), 1994, p. 157-176.
15. M. Spielauer, Qu'est-ce qu'une microsimulation dynamique en sciences sociales? Ottawa, division de la modélisation, Statistique Canada, 2007.
16. E. Zucchelli, A. Jones et N. Rice, « The evaluation of health policies through dynamic microsimulation methods », *International Journal of Microsimulation*, 5, 2012, p. 2-20.
17. D. Fone, S. Hollinghurst, M. Temple *et al.*, « Systematic review of the use and value of computer simulation modelling in population health and health care delivery », *Journal of Public Health Medicine*, 25(4), 2003, p. 325-335.
18. C.M. Rutter, A.M. Zaslavsky et E.J. Feuer, « Dynamic microsimulation models for health outcomes: A review », *Medical Decision Making*, 31, 2011, p. 10-18.
19. S. Glied et N. Tilipman, « Simulation modeling of health care policy », *Annual Review of Public Health*, 31, 2010, p. 439-455.
20. D.A. Hennessy, W.M. Flanagan, P. Tanuseputro *et al.*, « The Population Health Model (POHEM): An overview of rationale, methods and applications », *BMC Population Health Metrics*, 13, 2015, p. 24.
21. C. Bancej, B. Jayabalasingham, R.W. Wall *et al.*, « Tendances et projections relatives à l'obésité chez les Canadiens », *Promotion de la santé et prevention des maladies chroniques au Canada : Recherche, politiques et pratique*, 35(7), 2015, p. 116-119.
22. J.A. Kopec, E.C. Sayre, W.M. Flanagan *et al.*, « Development of a population-based microsimulation model of osteoarthritis in Canada », *Osteoarthritis and Cartilage*, 18, 2010, p. 303-131.
23. B. Sharif, J. Kopec, N. Bansback *et al.*, « Projecting the direct cost burden of osteoarthritis in Canada using a microsimulation model », *Osteoarthritis and Cartilage*, 23(10), 2015, p. 1654-1663.
24. B. Sharif, R. Garner, D. Hennessy *et al.*, « Productivity costs of work loss associated with osteoarthritis in Canada from 2010 to 2031 », *Osteoarthritis and Cartilage*, 25(2), 2017, p. 249-58. doi: 10.1016/j.joca.2016.09.011.
25. D.G. Manuel, M. Tuna, D. Hennessy *et al.*, « Modelled projections of preventable risks for cardiovascular disease in Canada to 2021 », *Canadian Medical Association Journal Open*, 2, 2014, p. 2.
26. C. Nadeau, S.L. Wong, W. Flanagan *et al.*, « Élaboration d'un modèle de microsimulation de l'activité physique représentatif de la population canadienne », *Rapports sur la santé*, 24(10), 2013, p. 12-21.
27. N. Bohnert, J. Chagnon, S. Coulombe *et al.*, *Projections démographiques pour le Canada (2013 à 2063), les provinces et les territoires (2013 à 2038) : rapport technique sur la méthodologie et les hypothèses* (nº 91-620-X au catalogue) Ottawa, Statistique Canada, 2015.
28. J.A. Kopec, P. Finès, D.G. Manuel *et al.*, « Validation of population-based disease simulation models: A review of concepts and methods », *BMC Public Health*, 10, 2010, p. 710.
29. Statistique Canada, *Enquête nationale sur la santé de la population*, disponible à l'adresse http://www.statcan.gc.ca/nphs, document consulté le 24 mars 2011.
30. L. Swain, G. Catlin et M.P. Beaudet, « Enquête nationale sur la santé de la population - une enquête longitudinale», *Rapports sur la santé*, 10(4), 1999, p. 73-89.
31. J.L. Tambay et G. Catlin, « Plan d'échantillonnage de l'Enquête nationale sur la santé de la population », *Rapports sur la santé*, 7(1), 1995, p. 31-42.
32. S. Connor Gorber, M. Tremblay, D. Moher et B. Gorber, « A comparison of direct vs. self-report measures for assessing height, weight and body mass index: A systematic review », *Obesity Reviews*, 8, 2007, p. 307-326.
33. Statistique Canada, *Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes*, disponible à l'adresse http://www.statcan.gc.ca/echs, document consulté le 24 mars 2011.
34. Y. Béland, « Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes - aperçu de la méthodologie », *Rapports sur la santé*, 13(3), 2002, p. 9-15.
35. M.S. Tremblay et S. Connor Gorber, « Canadian health measures survey: Brief overview », *Canadian Journal of Public Health*, 98(6), 2007, p. 453-456.

36. B. Day, R. Langlois, M. Tremblay et B.M. Knoppers, « Enquête canadienne sur les mesures de la santé : questions éthiques, juridiques et sociales », *Rapports sur la santé*, 18(Suppl), 2007, p. 41-58.

37. M. Tremblay, R. Langlois, S. Bryan *et al.*, « Prétest de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé : conception, méthodologie, résultats », *Rapports sur la santé*, 18(Suppl), 2007, p. 23-34.

38. M. Tremblay, M. Wolfson et S. Connor Gorber, « l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé : raison d'être, contexte et aperçu », *Rapports sur la santé*, 18(Suppl), 2007, p. 7-21.

39. S. Giroux, F. Labrecque et A. Quigley, *Documentation du plan d'échantillonnage du Cycle 2 de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé*, document de travail (Statistique Canada, Direction de la méthodologie) 2013.

40. Statistique Canada, *Introduction à Modgen*, disponible à l'adresse http://www.statcan.gc.ca/fra/microsimulation/modgen/nouveau/introduction/introduction

41. Rapport d'un comité OMS d'experts, *Utilisation et interprétation de l'anthropométrie, Série des Rapports techniques 854*, Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1995.

42. Étude multicentrique de l'OMS sur la référence de croissance, *Normes de croissance de l'enfant : longueur/taille pour l'âge, poids pour l'âge, poids pour la longueur, poids pour la taille et Indice de masse corporelle (IMC)-pour-l'âge*, Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2006.

43. L. Webber, D. Divajeva, T. Marsh *et al.*, « The future burden of obesity related disease in the 53 WHO European-Region countries and the impact of effect interventions: A modelling study », *British Medical Journal Open*, 4, 2014, p. e004787.

44. K. Rtveladze, T. Marsh, L. Webber *et al.*, « Obesity trends in Russia. The impact on health and healthcare costs », *Science Research: Health*, 4(12a), 2012, p. 1471-1484.

45. L. Webber, E. Halicka, T. Marsh *et al.*, « Projected incidence of overweight and obesity and related disease incidence across Poland », *Central European Journal of Public Health*, 22(1), 2014, p. 17-23.

46. L. Keaver, L. Webber, A. Dee *et al.*, « Application of the UK Foresight Obesity Model in Ireland: The health and economic consequences of projected obesity trends in Ireland », *PLoS One*, 8(11), 2013, p. e79827.

47. L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques, *Obesity Update 2014*, disponible à l'adresse http://www.oecd.org/els/health-systems/Obesity-Update-2014.pdf

48. D.G. Manuel, L. Rosella, D. Hennessy *et al.*, « Predictive risk algorithms in a population setting: An overview », *Journal of Epidemiology and Community Health*, 66(10), 2012, p. 859-865.

49. M. Chiu, P.C. Austin, D.G. Manuel *et al.*, « Deriving ethnic-specific BMI cutoff points for assessing diabetes risk », *Diabetes Care*, 34(8), 2011, p. 1741-1748.

Annexe

Tableau A

Coefficients du modèle de valeur de l'indice de masse corporelle (IMC) autodéclaré chez les adultes (20 ans et plus), selon le sexe et pour l'ordre autorégressif 1 du modèle, tirés des données de l'Enquête nationale sur la santé de la population de 1994-1995 à 2006-2007

Termes	Hommes	Femmes
Ordonnée à l'origine	0,198	0,169
Groupe d'âge		
20 à 29 ans	0,032	0,027
30 à 39 ans	0,027	0,025
40 à 49 ans	0,026	0,026
50 à 59 ans	0,024	0,026
60 à 69 ans	0,018	0,024
70 à 79 ans	0,010	0,011
80 ans et plus	0	0
Valeur(s) précédente(s) de l'IMC, log		
Au temps t-2 ans	0,933	0,940
Au temps t-4 ans	0	0
Au temps t-6 ans	0	0
Au temps t-8 ans	0	0
Activité physique durant les loisirs (minutes par jour)		
Aucune	0,003	0,005
Moins de 30 min	0,004	0,008
30 min à moins de 60 min	0,003	0,004
60 min et plus	0	0
Déplacement à vélo aux fins de transport et pour faire les courses		
Non	0	0
Oui	-0,005	-0,001
Tendance longitudinale de déplacement à pied aux fins de transport et pour faire les courses		
Aucune	0	0
À la baisse	0,003	0,0001
À la hausse	0,0008	0,0009
Tendance longitudinale d'activité physique quotidienne		
Aucune	0	0
À la baisse	0,003	0,003
À la hausse	0,0004	-0,0006
Usage du tabac		
Jamais fumeur	0	0
Ancien fumeur	0,003	0,003
Fumeur	-0,002	-0,004
Tendance longitudinale d'usage du tabac		
Aucune	0	0
À la baisse	0,007	0,021
À la hausse	-0,003	-0,004

Note : Le modèle de prédiction de l'IMC chez les hommes et les femmes adultes est le suivant : log(IMC) = $\alpha + \beta_A$'Âgei,t + β_H'log(Valeurs précédentes de l'IMC-) + β_{PA}'Activité physique + β_S'Usage du tabac + $\sigma\varepsilon$

Sources : Enquête nationale sur la santé de la population de 1994-1995 à 2006-2007.

Tableau B
Coefficients du modèle de conversion de la valeur de l'indice de masse corporelle (IMC) autodéclaré chez les adultes (20 ans et plus) en valeur de l'IMC mesuré, selon le sexe, tirés des données d'un sous-échantillon de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes de 2005-2006

	Moyenne (μ)		Variance (τ)	
Termes (x)	**Hommes**	**Femmes**	**Hommes**	**Femmes**
IMC selon la taille et le poids autodéclarés	1,038	1,080	0,037	0,090
Catégorie d'IMC selon la taille et le poids autodéclarés				
Poids insuffisant	0,276	0,174	...	...
Poids normal	-0,638	-0,097	...	...
Embonpoint	-0,322	-0,203	...	...
Obésité	-0,608	-0,142	...	...
Groupe d'âge				
20 à 24 ans	-0,634	-0,756	...	...
25 à 34 ans	-0,303	-0,544	...	...
35 à 44 ans	-0,538	-0,482	...	...
45 à 54 ans	-0,370	-0,234	...	...
55 à 64 ans	0,067	-0,176	...	...
65 à 74 ans	0,475	-0,024	...	...
75 ans et plus	0	0	...	...
Niveau de scolarité				
Pas de diplôme d'études secondaires	0,569	-0,016	0,122	-0,822
Diplôme d'études secondaires	0,616	-0,662	-0,227	-1,405
Études postsecondaires partielles	0,644	-0,533	0,467	-1,353
Diplôme d'études postsecondaires	0,778	-0,357	-0,023	-1,390

... n'ayant pas lieu de figurer
Note : Le modèle de conversion de l'IMC chez les adultes est le suivant : $IMC^{mesuré} = 1 x, z \sim$ logistique ($\mu = \beta' x$(IMC autodéclaré, groupe d'âge, niveau de scolarité), τ), où logistique(μ, τ) renvoie à une distribution logistique de moyenne μ et de variance τ.
Source : Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes de 2005-2006.